

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-252227

(43)Date of publication of application : 14.09.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/26

(21)Application number : 11-050392

(71)Applicant : DAINIPPON SCREEN MFG CO LTD

(22)Date of filing : 26.02.1999

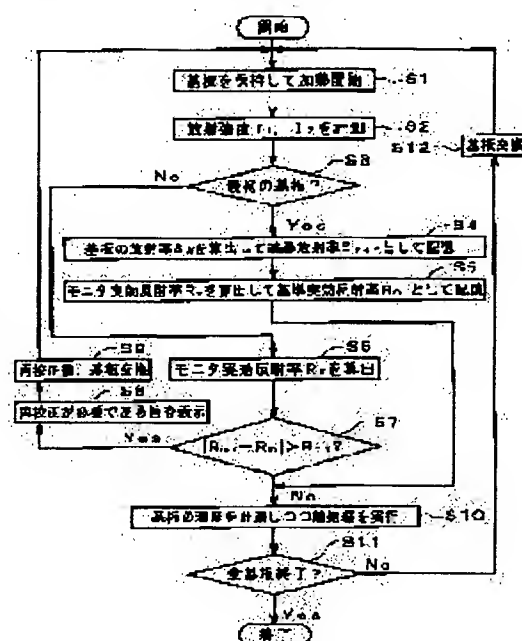
(72)Inventor : SASAKI KIYOHIO
NOZAKI KIMIHIDE

(54) DEVICE AND METHOD FOR HEAT-TREATING SUBSTRATE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for heat-treating a substrate by which an appropriate calibration timing of a device can be detected and an error of temperature measurement be eliminated for high-quality heat treatment.

SOLUTION: In this heat-treating method for substrate, an emissivity ϵ of a substrate is calculated by using intensities I_1 and I_2 of radiation, and the obtained value is set to a reference emissivity ϵ_{ref} (step S4), and then a monitoring effective reflectance R_m is calculated, and the obtained value is set to a reference effective reflectance R_{mr} (step S5). A monitoring effective reflectance R_m is calculated on the basis of the intensities I_1 and I_2 of radiation obtained from the substrates other than the first one (step 6). The quantity of change from the reference effective reflectance R_{mr} of the monitoring effective reflectance R_m is compared with a threshold R_{th} of the quantity of change (step 7), and when the former is larger than the latter, it is heat-treated (step 10), and when the former is smaller than the latter, the necessity of recalibration is indicated (step 8). After the device is recalibrated by an operator, a substrate is replaced (step 9), and the steps S1 to S11 are repeated per substrate.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3592949

[Date of registration] 03.09.2004

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2000-252227

(P 2000-252227A)

(43) 公開日 平成12年9月14日(2000.9.14)

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

H 0 1 L 21/26

H 0 1 L 21/26

T

審査請求 未請求 請求項の数 8

O L

(全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平11-50392

(22) 出願日 平成11年2月26日(1999.2.26)

(71) 出願人 000207551

大日本スクリーン製造株式会社

京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁

目天神北町1番地の1

(72) 発明者 佐々木 清裕

京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神

北町1番地の1 大日本スクリーン製造株式
会社内

(72) 発明者 野崎 仁秀

京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神

北町1番地の1 大日本スクリーン製造株式
会社内

(74) 代理人 100089233

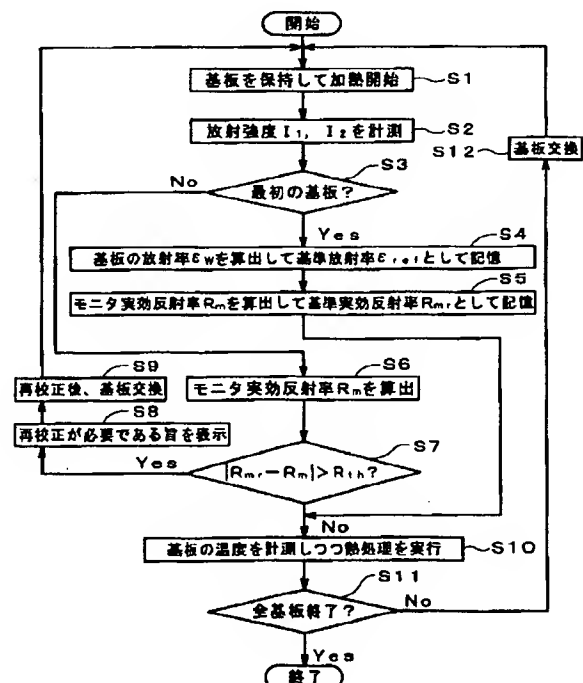
弁理士 吉田 茂明 (外2名)

(54) 【発明の名称】 基板熱処理装置および基板熱処理方法

(57) 【要約】

【課題】 装置の校正時期を検知することができ、温度計測の誤差を抑えて高品質の熱処理が行える基板熱処理装置および基板熱処理方法を提供する。

【解決手段】 放射強度 I_1 , I_2 を用いて、基板の放射率 ϵ_w を算出し、それを基準放射率 ϵ_{ref} とする (ステップ S4) とともに、モニタ実効反射率 R_m を算出し、それを基準実効反射率 R_{mr} とする (ステップ S5)。最初以外の基板について得られた放射強度 I_1 , I_2 からモニタ実効反射率 R_m を算出する (ステップ S6)。モニタ実効反射率 R_m の基準実効反射率 R_{mr} からの変化量と変化量閾値 R_{th} を比較し (ステップ S7)、前者が大きければ熱処理を行い (ステップ S10)、小さければ再校正が必要である旨を表示し (ステップ S8)、作業者は装置を再校正後、基板を交換し (ステップ S9)、各基板についてステップ S1 ~ S11 を繰り返す。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板に加熱を伴う処理を施す基板熱処理装置であって、

基板を保持する保持手段と、

前記保持手段に保持された基板を加熱する加熱手段と、
前記保持手段に保持された基板に対向する反射面を有する反射板と、

前記保持手段に保持された基板が前記加熱手段により加熱された際に、前記反射板の反射面と前記保持手段に保持された基板とに反射された放射光を捉えて放射強度を出力する検出手段と、

前記検出手段により出力された放射強度に基づいて、第 1 の時期において第 1 モニタ実効反射率を算出するとともに、第 2 の時期において第 2 モニタ実効反射率を算出する実効反射率算出手段と、

前記実効反射率算出手段により第 1 の時期において算出された第 1 モニタ実効反射率を基準実効反射率として記憶する記憶手段と、

前記実効反射率算出手段により第 2 の時期において算出された前記第 2 モニタ実効反射率と前記記憶手段に記憶されている前記基準実効反射率との差を所定の閾値と比較する比較手段と、

前記比較手段の比較結果により、前記第 2 モニタ実効反射率と前記基準実効反射率との差が所定の閾値より大きいと判断された場合に、校正が必要である旨を報知する報知手段と、を備えたことを特徴とする基板熱処理装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の基板熱処理装置であって、

基板の放射率を算出する放射率算出手段をさらに備え、前記実効反射率算出手段は、前記放射率算出手段により算出された基板の放射率を基準放射率とするとともに、前記基準放射率を用いて第 2 の時期において第 2 モニタ実効反射率を算出することを特徴とする基板熱処理装置。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載の基板熱処理装置であって、

前記検出手段は、第 1 放射強度および第 2 放射強度を出力し、

前記実効反射率算出手段は、前記検出手段により出力された第 1 放射強度に基づく第 1 実効反射率を算出するとともに、前記検出手段により出力された第 2 放射強度に基づく第 2 実効反射率を算出し、第 1 実効反射率が 0 であると仮定した場合、第 2 実効反射率を前記第 1 モニタ反射率とすることを特徴とする基板熱処理装置。

【請求項 4】 請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載の基板熱処理装置であって、

前記第 1 の時期および前記第 2 の時期は、複数の基板のそれぞれについて各処理を行う場合の最初の基板を処理するときであることを特徴とする基板熱処理装置。

【請求項 5】 基板を加熱する加熱手段と、基板に対向する反射面を有する反射板と、を備えた基板熱処理装置により、基板に加熱を伴う処理を施す基板熱処理方法であって、

基板が前記加熱手段により加熱された際に、前記反射板の反射面と基板とに反射された放射光を捉えて放射強度を出力する検出工程と、

前記検出工程により出力された放射強度に基づいて、第 1 の時期において第 1 モニタ実効反射率を算出するとともに、第 2 の時期において第 2 モニタ実効反射率を算出する実効反射率算出工程と、

前記実効反射率算出工程により第 1 の時期において算出された第 1 モニタ実効反射率を基準実効反射率として記憶する記憶工程と、

前記実効反射率算出工程により第 2 の時期において算出された前記第 2 モニタ実効反射率と前記記憶工程により記憶されている前記基準実効反射率との差を所定の閾値と比較する比較工程と、

前記比較工程における比較結果により、前記第 2 モニタ実効反射率と前記基準実効反射率との差が所定の閾値より大きいと判断された場合に、校正が必要である旨を報知する報知工程と、を備えたことを特徴とする基板熱処理方法。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の基板熱処理方法であって、

基板の放射率を算出する放射率算出工程をさらに備え、前記実効反射率算出工程は、前記放射率算出工程により算出された基板の放射率を基準放射率とするとともに、前記基準放射率を用いて第 2 の時期において第 2 モニタ実効反射率を算出することを特徴とする基板熱処理方法。

【請求項 7】 請求項 5 または請求項 6 に記載の基板熱処理方法であって、

前記検出工程は、第 1 放射強度および第 2 放射強度を出力し、

前記実効反射率算出工程は、前記検出工程により出力された第 1 放射強度に基づく第 1 実効反射率を算出するとともに、前記検出工程により出力された第 2 放射強度に基づく第 2 実効反射率を算出し、第 1 実効反射率が 0 であると仮定した場合、第 2 実効反射率を前記第 1 モニタ反射率とすることを特徴とする基板熱処理方法。

【請求項 8】 請求項 5 ないし請求項 7 のいずれかに記載の基板熱処理方法であって、

前記第 1 の時期および前記第 2 の時期は、複数の基板のそれぞれについて各処理を行う場合の最初の基板を処理するときであることを特徴とする基板熱処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体ウエハ、フォトリソマスク用ガラス基板、液晶表示用ガラス基板、光

ディスク用基板等の基板（以下、単に「基板」という。）の温度を計測しつつ、加熱を伴う処理を施す基板熱処理装置および基板熱処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の多重反射を用いた基板熱処理装置における温度計測方法では、基板と反射板間で反射を繰り返した光を検出し、未知数である基板の放射率と温度とを導出している。その際、反射板の反射率から類推して、さらに反射板の寸法形状、表面状態等を考慮した装置定数として実効反射率と呼ばれる値を用いる。この実効反射率は温度計測する際には既知でなければ放射率と温度が求まらないため、通常は予め何らかの方法で求めている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、実際には実効反射率は反射板の表面状態にも依存する値であることから、基板処理中に時々刻々変化してしまう。その場合、予め求めておいた実効反射率と実際の実効反射率の間に差が生じてしまい、それが計測温度の誤差、ひいては基板の熱処理の品質低下につながる。よって、ある程度の期間、処理をすると実効反射率を求め直す装置の校正を行う必要があるが、従来の方法ではこの実効反射率の変化を検知する方法がなく、再校正の時期を認識できなかった。

【0004】この発明は、従来技術における上述の問題の克服を意図しており、装置の校正時期を検知することができ、温度計測の誤差を抑えて高品質の熱処理が行える基板熱処理装置および基板熱処理方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、この発明の請求項 1 に記載の装置は、基板に加熱を伴う処理を施す基板熱処理装置であって、基板を保持する保持手段と、保持手段に保持された基板を加熱する加熱手段と、保持手段に保持された基板に対向する反射面を有する反射板と、保持手段に保持された基板が加熱手段により加熱された際に、反射板の反射面と保持手段に保持された基板とに反射された放射光を捉えて放射強度を出力する検出手段と、検出手段により出力された放射強度に基づいて、第 1 の時期において第 1 モニタ実効反射率を算出するとともに、第 2 の時期において第 2 モニタ実効反射率を算出する実効反射率算出手段と、実効反射率算出手段により第 1 の時期において算出された第 1 モニタ実効反射率を基準実効反射率として記憶する記憶手段と、実効反射率算出手段により第 2 の時期において算出された第 2 モニタ実効反射率と記憶手段に記憶されている基準実効反射率との差を所定の閾値と比較する比較手段と、比較手段の比較結果により、第 2 モニタ実効反射率と基準実効反射率との差が所定の閾値より大きいと判断された場合に、校正が必要である旨を報知する報

知手段と、を備えたことを特徴とする。

【0006】また、この発明の請求項 2 に記載の装置は、請求項 1 に記載の基板熱処理装置であって、基板の放射率を算出する放射率算出手段をさらに備え、実効反射率算出手段は、放射率算出手段により算出された基板の放射率を基準放射率とするとともに、基準放射率を用いて第 2 の時期において第 2 モニタ実効反射率を算出することを特徴とする。

【0007】また、この発明の請求項 3 に記載の装置は、請求項 1 または請求項 2 に記載の基板熱処理装置であって、検出手段は、第 1 放射強度および第 2 放射強度を出力し、実効反射率算出手段は、検出手段により出力された第 1 放射強度に基づく第 1 実効反射率を算出するとともに、検出手段により出力された第 2 放射強度に基づく第 2 実効反射率を算出し、第 1 実効反射率が 0 であると仮定した場合、第 2 実効反射率を第 1 モニタ反射率とすることを特徴とする。

【0008】また、この発明の請求項 4 に記載の装置は、請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載の基板熱処理装置であって、第 1 の時期および第 2 の時期は、複数の基板のそれぞれについて各処理を行う場合の最初の基板を処理するときであることを特徴とする。

【0009】また、この発明の請求項 5 に記載の装置は、基板を加熱する加熱手段と、基板に対向する反射面を有する反射板と、を備えた基板熱処理装置により、基板に加熱を伴う処理を施す基板熱処理方法であって、基板が加熱手段により加熱された際に、反射板の反射面と基板とに反射された放射光を捉えて放射強度を出力する検出工程と、検出工程により出力された放射強度に基づいて、第 1 の時期において第 1 モニタ実効反射率を算出するとともに、第 2 の時期において第 2 モニタ実効反射率を算出する実効反射率算出工程と、実効反射率算出工程により第 1 の時期において算出された第 1 モニタ実効反射率を基準実効反射率として記憶する記憶工程と、実効反射率算出工程により第 2 の時期において算出された第 2 モニタ実効反射率と記憶工程により記憶されている基準実効反射率との差を所定の閾値と比較する比較工程と、比較工程における比較結果により、第 2 モニタ実効反射率と基準実効反射率との差が所定の閾値より大きいと判断された場合に、校正が必要である旨を報知する報知工程と、を備えたことを特徴とする。

【0010】また、この発明の請求項 6 に記載の装置は、請求項 5 に記載の基板熱処理方法であって、基板の放射率を算出する放射率算出工程をさらに備え、実効反射率算出工程は、放射率算出工程により算出された基板の放射率を基準放射率とするとともに、基準放射率を用いて第 2 の時期において第 2 モニタ実効反射率を算出することを特徴とする。

【0011】また、この発明の請求項 7 に記載の装置は、請求項 5 または請求項 6 に記載の基板熱処理方法で

あって、検出工程は、第1放射強度および第2放射強度を出力し、実効反射率算出工程は、検出工程により出力された第1放射強度に基づく第1実効反射率を算出するとともに、検出工程により出力された第2放射強度に基づく第2実効反射率を算出し、第1実効反射率が0であると仮定した場合、第2実効反射率を第1モニタ反射率とすることを特徴とする。

【0012】さらに、この発明の請求項8に記載の装置は、請求項5ないし請求項7のいずれかに記載の基板熱処理方法であって、第1の時期および第2の時期は、複数の基板のそれぞれについて各処理を行う場合の最初の基板を処理するときであることを特徴とする。

【0013】ここで、「基板の放射率」は基板の透過率を「0」と考え、基板の放射率と反射率との関係である後述する数2の関係をj用いて「基板の反射率」を用いて間接的に表わしたものを含むものとする。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0015】<1. 機構的構成と装置配列>図1はこの発明の第1の実施の形態である基板熱処理装置1の縦断面図である。以下、図1を参照しつつこの装置の構成を説明していく。

【0016】第1の実施の形態である基板熱処理装置1は主に炉体10、発光部20、石英ガラス30、基板保持回転部40、反射板47、計測部50、制御部60、表示入力部70を備えている。

【0017】炉体10は上部をリフレクタ11、下部をハウジング12とする円筒形状の炉体であり、それらの内部等には冷媒を通して冷却する多数の冷却管13が設けられている。また、炉体10の側面には基板搬出入口10aが設けられており、加熱処理の際には図示しない外部搬送装置により基板Wの搬出入が行われる。

【0018】発光部20はリフレクタ11の内側に設けられ、多数のランプ21(図1、図5には一部にのみ参照番号を記載)を備えている。そして、後述する制御部60から制御信号を受けたランプドライバ22がその信号に応じた電力をランプ21に供給するとランプ21が点灯し、その放射光により基板Wを加熱する。

【0019】石英ガラス30は発光部20の下方に設けられ、ランプ21からの放射光を透過する。

【0020】基板保持回転部40は、基板Wの周縁部分を全周に渡って保持するとともにその周縁部からの熱の放出を補償する均熱リング41が、その直径より大きな内径を有する円筒の支持脚42により支持されている。そして、支持脚42の下端には、その外周に沿ってベアリング43が設けられている。また、ベアリング43の外周に設けられたギアには基板回転モータ44の回転軸のギア44aがかみ合っており、その駆動により均熱リング41が鉛直方向を軸として回転可能となっている。

そして、後述する制御部60の駆動信号に応じてモータドライバ45がモータ44に電力を供給することにより、均熱リング41とともに基板Wを所定の速度で回転する。

【0021】反射板47は、基板Wからの放射光を反射し、それにより基板Wとの間で後述する多重反射を生じさせる。

【0022】図2は第1の実施の形態における温度・反射率計測部50の構成を示す図である。図示のように反射板47に設けられた円筒形状の穴47a内およびその下方には温度・反射率計測部50のケーシング51が設けられており、ケーシング51の上部には穴47a内面が円筒状の空洞部CPとなっている。そして、空洞部CPの底部には光を透過する石英ガラス板52が設けられている。また、空洞部CP下方には後述の回転セクタ53が設けられている。さらに、ケーシング51内部には前述の冷却管13と同様の冷却管51a(一部参照符号省略)が設けられ、ケーシング51内部の温度上昇を抑える。

【0023】図3は図2のA-A断面から下方を見た状態を示した図である。回転セクタ53は、円盤を直交する2本の直径で4等分したうちの隣り合わない2つの扇形が表裏両面が鏡面(反射率がほぼ「1」)である反射部RPとなっており、また、他の扇形部分は除去された切り欠き部NPとなっている。また、反射部RPには弧状のスリットSLが設けられている。そして、回転セクタ53の中心CEがモータ54の回転軸54aに取り付けられており(図2参照)、したがって、モータドライバ55から供給される電力によるモータ54の回転により回転セクタ53は、その板面に平行な平面内で回転自在となっている。なお、図3において回転セクタ53は一部を切り欠いて図示した。

【0024】また、回転セクタ53の下方のケーシング51の内面51bは黒化処理が施されており、回転セクタ53の切り欠き部NPまたは反射部RPのスリットSLを通過した光のうちの多くは内面51bにより吸収され、反射されることはない。また、内面51bには穴51cが設けられており、穴51cの内部には導光ロッド56がその先端が回転セクタ53の直下に位置するように挿入されている。そして、穴51c(したがって導光ロッド56)はスリットSLと中心CEからの距離が等しい位置に設けられている。

【0025】図4は図2のB-B断面から下方を見た状態を示す図である。図示のように、導光ロッド56は空洞部CPと同心に設けられており、図2に示すように回転セクタ53は空洞部CPと導光ロッド56の上端との間を旋回するものとなっている。そして、上方から空洞部CPに進入した光は回転セクタ53の回転により、回転セクタ53の反射部RPのスリットSLまたは切り欠き部NPのいずれかを通過した後、導光ロッド56上端

に至る。

【0026】また、導光ロッド56の他端は検出器57に連結され、検出器57はケーシング51に取り付けられている。さらに、検出器57は演算部58に電氣的に接続されており、回転セクタ53の反射部RPのスリットSLおよび切り欠き部NPのそれぞれを通過して導光ロッド56に進入した光を検出して、それぞれ放射強度(放射エネルギー)I1、I2を信号として送信する。

【0027】演算部58は内部に、この発明の「実効放射率算出手段」、「比較手段」、「放射率算出手段」に相当するCPU58aおよびこの発明の「記憶手段」、に相当するメモリ58b等を備え、検出器57からの放射強度I1、I2を基に、後述する原理を用いて基板の温度Tを求め、その温度信号を制御部60に送る。また、演算部58は後に詳述するモニタ実効放射率Rmの算出等の各種演算も行う。なお、導光ロッド56、検出器57、演算部58が放射温度計を形成している。

【0028】図2の説明を続ける。制御部60は内部にCPU60aおよびメモリ60b等を備え、ランプドライバ22に制御信号を送ったり、モータドライバ45(図1)に所定のタイミングで駆動信号を送ったりする。

【0033】という初項 $\epsilon_w L_b(T)$ 、公比 $\rho_r \rho_w$ の等比級数となる。ここで $L_b(T)$ は温度Tにおける黒体の放射強度である。ここで、基板が光を透過しないとすると、

【0034】

【数2】

$$\epsilon_w + \rho_w = 1$$

【0035】を用い、さらに $0 < \rho_r \rho_w < 1$ よりnを無限大にすると、検出器57により計測される放射強度Iは基板Wの放射率 ϵ_w 、温度Tおよび反射板47の反射率 ρ_r を用いて、

【0036】

【数3】

$$I = \frac{\epsilon_w}{1 - \rho_r (1 - \epsilon_w)} L_b(T)$$

【0037】という形で表される。このとき、反射板47の反射率 ρ_r は反射板47の形状および表面状態に非常に依存する。そこで、こういった材質のみでなくその形状等も含めた形での反射率を採用し、ここでは実効放射率と呼び、数3の式の ρ_r の代わりに用いる。そして、この実施の形態では上記のような装置構成により、実際に温度計測をする際には2つの状態を実現し、それぞれについて基板Wの放射率 ϵ_w と温度Tを未知数として方程式を立てて温度Tを求める。ここで2つの状態というのは実効放射率が異なる状態を意味する。つまり、それぞれの状態での実効放射率をR1、R2とした場合に、数3の式から類推して、

する。

【0029】表示入力部70は詳しく図示しないがキーボードなどの入力機器やディスプレイを備えており、制御部60の制御に基づきディスプレイにより後述する再校正が必要である旨の表示を行ったり、作業者が入力機器を通じて演算部58に後述する変化量閾値Rthを入力したりする。

【0030】<2. 温度計測原理>つぎに、温度計測原理について説明する。図5は基板Wと基板熱処理装置1の反射板47との間の放射光の多重反射を説明するための図である。図5に示すように、基板Wが加熱されることにより放射された光は、基板Wと反射板47との間で反射を繰り返す。これを多重反射と呼び、これにより反射板47側で受ける光の強度が増幅される。

【0031】このとき反射板47側からこの光の強度を計測するとした場合、下向きの光を合計したものが計測されることになる。つまり、計測される出力を放射強度Iとし反射板47の反射率を ρ_r 、基板の放射率を ϵ_w (放射率 ϵ_w)とした場合、

【0032】

【数1】

$$I = \epsilon_w L_b(T) + \rho_r \epsilon_w L_b(T) + \rho_r^2 \epsilon_w L_b(T) + \dots + \rho_r^n \epsilon_w L_b(T) \dots$$

【0038】

【数4】

$$I_1 = \frac{\epsilon_w}{1 - R_1 (1 - \epsilon_w)} L_b(T)$$

【0039】

【数5】

$$I_2 = \frac{\epsilon_w}{1 - R_2 (1 - \epsilon_w)} L_b(T)$$

【0040】という式が成り立つ。そして、放射強度I1、I2を検出器57により計測し、得られた値をこれら2式に用いることで基板温度Tと基板放射率 ϵ_w が求められる。そのうち基板温度Tを基に発光部20の各ランプ21への供給電力をフィードバック制御して基板の温度管理を行いつつ基板の熱処理を行うのである。

【0041】<3. 実効放射率の監視>

<<3-1. 第1処理例>>以下、この実施の形態における第1処理例の実効放射率監視の原理について説明する。

【0042】温度計測の精度は実効放射率R1、R2の精度に応じて異なるものとなっている。したがって、温度計測を精度よく行うためには、実効放射率R1、R2として正確な値を使用する必要がある。そのため、通常は処理に先立って、基板とほぼ同じ放射率や表面粗度を有し、放射率が既知である基準となる基板に接触式温度計を取り付けた状態で基板保持回転部40に保持させ、その状態で接触式温度計により真温度Tを計測しつつ、検出器の出力として放射強度I1、I2を計測する。そして、得られた基板温度Tと放射強度I1、I2とを数4お

よび数 5 の式に代入するとともに両式に基準となる基板について既知の放射率 ϵ_w を用いて実効反射率 R_1 , R_2 を求めている (校正処理)。

【0043】しかしながら、実効反射率 R_1 , R_2 は熱処理とともに反射板 47 の反斜面が処理に用いられるガス等によりくもるなどして、次第に当初の値と異なってくる。そのため、第 1 の処理例では各基板の熱処理時の実効反射率を監視するための、その実効反射率に値が近くほぼ同様に变化する値としてモニタ実効反射率 R_m という量を導入する。すなわち、数 4 および数 5 の式における実効反射率 R_1 , R_2 のうち、回転セクタ 53 の切り欠き部 NP および反射部 RP が導光ロッド 56 の直上に位置するときの実効反射率をそれぞれ R_1 および R_2 とするとき、実験的に実効反射率 R_1 は「0」に近い値を示すことが知られている。そのため、ここでは $R_1 = 0$ と仮定し、その代わりに実効反射率 R_2 をモニタ実効反射率 R_m ($R_2 = R_m$) と定義する。そして、モニタ実効反射率 R_m を各基板 W について求め、その値が所定以上変化すると基板熱処理装置 1 の再校正 (実効反射率 R_1 , R_2 を再度計測し直す) を行う。

【0044】具体的な実効反射率の監視方法は以下の通りである。まず、最初の基板 W について放射強度 I_1 , I_2 を計測し、それらを数 4 および数 5 の式に用いて放射率 ϵ_w を求め、それを放射率初期値 ϵ_{ref} として記憶しておく。そして、前述の仮定、 $R_1 = 0$ 、 $R_2 = R_m$ を数 4 および数 5 の式に代入すると、

【0045】

【数 6】

$$I_1 = \epsilon_w L_b(T)$$

【0046】

【数 7】

$$I_2 = \frac{\epsilon_w}{1 - R_m(1 - \epsilon_w)} L_b(T)$$

【0047】が成り立つ。そして、両式を辺々割ると、

【0048】

【数 8】

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{1 - R_m(1 - \epsilon_w)}$$

【0049】が得られ、これをモニタ実効反射率 R_m について解き、さらに放射率 ϵ_w として予め記憶しておいた基準放射率 ϵ_{ref} を用いると、

【0050】

【数 9】

$$R_m = \frac{1 - \frac{I_1}{I_2}}{1 - \epsilon_{ref}}$$

【0051】となる。この式に計測された放射強度信号の出力比 I_1/I_2 を代入することによってモニタ実効反射率 R_m が求められる。

【0052】そして、第 1 の処理例では最初の基板 W に

ついて求めたモニタ実効反射率 R_m を基準実効反射率 R_{mr} としてメモリ 58b に記憶しておく。そして、CPU 58a において各基板 W についてもモニタ実効反射率 R_m を上記と同様にして求め、基準実効反射率 R_{mr} とモニタ実効反射率 R_m との差の絶対値を反射率の所定の変化量閾値 R_{th} と比較する。すなわち、

【0053】

【数 10】

$$|R_{mr} - R_m| > R_{th}$$

【0054】を満たすかどうかを判定する。そして、変化量閾値 R_{th} より大きければ (数 10 の式を満たしていれば) 実効反射率 R_1 , R_2 に許容以上の変化が生じていると判断されるので、上述の校正処理と同様の処理 (実効反射率 R_1 , R_2 の算出) を再度行うのである。そして、次の基板 W については再校正後の実効反射率 R_1 , R_2 を用いることによって正確な温度計測を行い、ランプ 21 への供給電力についてのフィードバック制御を行うことによって、基板の正確な温度管理を行うことができる。

【0055】図 6 は実効反射率の低下に伴う基板 W の計測温度と真温度との差である温度誤差をコンピュータによりシミュレーションした結果である。このコンピュータ・シミュレーションにおいては基板 W の放射率を常時 $\epsilon_w = 0.75$ に固定し、基板 W の真温度 (処理温度) を 1000°C に固定し、基準実効反射率 $R_{mr} = 0.3$ と仮定して、基板 W を 1 枚処理する毎に反射板 47 の反射面のくもり等によりモニタ実効反射率 R_m が 0.001 低下するものと仮定している。

【0056】まず、モニタ実効反射率 R_m を 0.3 ($= R_{mr}$) から処理基板枚数 1 枚ごとに 0.001 ずつ減少させていきつつ、基板 W の枚数を 0 枚から順に「1」ずつ増加させつつ、以下の演算により計測温度 T_m を求める。すなわち、基板の枚数を CW とするとそのときのモニタ実効反射率 R_m は $R_m = 0.3 - 0.001CW$ となる。このモニタ実効反射率 R_m を数 8 の式に代入するとともに、 $\epsilon_w = 0.75$ を代入すると出力比 I_2/I_1 が得られる。また、基板温度 T として真温度 (1000°C) を予め与えられた黒体の放射強度 $L_b(T)$ の校正式に用いて得られた $L_b(T)$ の値と、上記の $\epsilon_w = 0.75$ とを数 6 の式に代入して放射強度 I_1 を求める。そして得られた出力比 I_2/I_1 と放射強度 I_1 とから放射強度 I_2 を求める。さらに、得られた放射強度 I_2 と、 $\epsilon_w = 0.75$ と、 $R_m = 0.3 - 0.001CW$ から得られる値とを数 7 の式に代入すると黒体の放射強度 $L_b(T)$ が求まる。そして、その値を上述の校正式に用いることでその基板 W における計測温度 T_m が求められる。

【0057】そうして得られた計測温度 T_m と真温度 (1000°C) との差を温度誤差 T_e として求める。このような演算を各基板の枚数 CW を 0 ~ 150 枚程度の範囲で変

化させつつ行い、得られた温度誤差 T_e を基板の枚数 C に W に対応させて表示したのが図6である。

【0058】この結果から分かるように、複数枚の基板を順次熱処理していくに従って、モニタ実効反射率 R_m が低下し、それに伴って、温度誤差 T_e が増加するのが分かる。

【0059】そこで、この実施の形態では、この温度誤差 T_e が所定の許容値以上になるモニタ実効反射率 R_m の変化量を変化量閾値 R_{th} として予め求めておき、これを数10の式を用いた判定に使用するのである。

【0060】つぎに、以上のような実効反射率の監視を伴う基板 W の熱処理の処理手順を、それを示すフローチャートである図7を用いて説明する。なお、以下の処理に先立ち、変化量閾値 R_{th} は作業者により表示入力部70を通じて演算部58内のメモリ58bに入力されている。

【0061】まず、基板 W を基板保持回転部40に保持して加熱を開始する(ステップS1)。なお、その際、制御部60の制御により、基板保持回転部40および回転セクタ53を回転させる。

【0062】つぎに、検出器57による出力として放射強度 I_1 、 I_2 を計測する(ステップS2)。なお、この計測された放射強度 I_1 、 I_2 を基に以下、数4および数5を用いて前述のようにして常時基板温度 T が計測され、基板 W の温度管理に用いられる。

【0063】つぎに、制御部60は基板 W が最初の基板 W か否かを判断し(ステップS3)、最初の基板 W でなければステップS6に進み、最初の基板 W であれば次のステップに進む。

【0064】上記判定で最初の基板 W と判定された場合、演算部58は得られた放射強度 I_1 、 I_2 を数4および数5の式に用いて基板 W の放射率 ϵ_W を算出し、それを基準放射率 ϵ_{ref} として演算部58内のメモリ58bに記憶する(ステップS4)。それとともに、数9の式に得られた放射強度 I_1 、 I_2 を用いてモニタ実効反射率 R_m を算出し、それを基準実効反射率 R_{mr} として演算部58内のメモリ58bに記憶する(ステップS5)。そして、ステップS10に進む。なお、ステップS5がこの発明の「第1の時期」に相当する。

【0065】逆に、ステップS3で最初の基板 W でないと判断された場合には、演算部58は計測された放射強度 I_1 、 I_2 からモニタ実効反射率 R_m を算出する(ステップS6)。なお、ステップS6がこの発明の「第2の時期」に相当する。

【0066】つぎに、演算部58はモニタ実効反射率 R_m の基準実効反射率 R_{mr} からの変化量を変化量閾値 R_{th} より大きければ($|R_{mr} - R_m| > R_{th}$)か否かを判断し(ステップS7)、越えていなければステップS10に進み、逆に、越えていれば制御部60に再校正が必要である旨を示す信号を送信し、制御部は表示入力部70

にその旨を表示させる(ステップS8)。すると、それを確認した作業者は基板熱処理装置1を再校正後、基板 W を交換する(ステップS9)。そして、ステップS1～S7の処理が繰り返される。

【0067】モニタ実効反射率 R_m の変化量を変化量閾値 R_{th} 以下の場合、演算部58により基板温度 T を計測しつつ熱処理を実行する(ステップS10)。なお、その際、制御部60は得られた基板温度 T を基にランプ21への供給電力のフィードバック制御を行う。こうして、熱処理時間が経過するまで基板 W を所定の処理温度に保ちつつ、処理のためのガスを供給して熱処理を行う。

【0068】つぎに、対象となる基板 W についての熱処理が終了すると、制御部60は全基板 W について熱処理が終了したか否かの判断を行い(ステップS11)、終了していなければ処理済みの基板 W を次の基板 W と交換し(ステップS12)、ステップS1に戻ってステップS1～S11の処理を繰り返す。そして、全基板 W の熱処理が終了するとこの処理を終了する。

【0069】<<3-2. 第2処理例>>以下、この実施の形態における第2処理例について説明していく。なお、第2処理例でも第1処理例と同様、基板熱処理装置1を用いる。

【0070】まず、実効反射率監視の原理について説明する。第1処理例では複数の処理基板 W のそれぞれについて最初に1度だけモニタ実効反射率 R_m を算出し、そのモニタ実効反射率 R_m についての変化量を判定するというものであったが、第2処理例では複数の基板それぞれについて回転セクタ53の回転に伴って繰り返しモニタ実効反射率を求め、その変化量をその都度判定するというものである。

【0071】以下、より具体的に説明する。前述のように、この実施の形態の基板熱処理装置1では反射板47の穴47aの下方に図3および図4に示されるような反射部 RP と切り欠き部 NP を有し、それぞれの部分で実効反射率 R_1 、 R_2 を切り替えることができるものとなっているが、このような回転セクタ53を回転させた状態で検出器57により得られる出力信号はその模式図である図8のようなものとなる。すなわち、実効反射率 R_1 、 R_2 に対応する放射強度 I_1 および I_2 を示す出力信号のピークが時間とともに交互に得られる。

【0072】ここで、回転セクタ53の半回転ごとに「1」増加する累積回転数を表すパラメータ i を用いて出力信号の各ピークを放射強度 I_{1i} 、 I_{2i} ($i=1, 2, 3, \dots$)と表す。すると、そのうち放射強度 I_{1i} 、 I_{2i} を数4および数5の式に用いて放射率 ϵ_{Wi} を求め、それを基準放射率 ϵ_{ref} として記憶しておき、さらに回転セクタ53が回転して、放射強度 I_{1i+1} が計測された段階で既に得られていた放射強度 I_{2i} と得られた放射強度 I_{1i+1} および基準放射率 ϵ_{ref} を数9の式に用いるこ

とでモニタ実効反射率 R_{mi} が求められる。このような演算を回転セクタ53の回転とともに行っていくと回転セクタ53の半回転毎に1つのモニタ実効反射率 R_{mi} ($i = 1, 2, 3 \dots$) が求められていく。そして、第1処理例と同様にモニタ実効反射率 R_{mi} の集合のうち、最初の値 (R_{m1}) を基準実効反射率 R_{mr} として記憶しておき、これらをもとに各モニタ実効反射率 R_{mi} の変化量を変化量閾値 R_{th} と比較していく。すなわち、

【0073】

【数11】

$$|R_{mr} - R_{mi}| > R_{th}$$

【0074】の判定を行う。そして、モニタ実効反射率 R_{mi} の変化量が増加量閾値 R_{th} より大きい(数11の式を満たす)と、基板熱処理装置1を再校正する必要がある旨を表示し、それにより作業者が再校正を行うのである。このように第2処理例では1枚の基板Wの熱処理中にも常時実効反射率を監視することができるものとなっている。

【0075】つぎに、第2処理例の具体的な処理手順について、そのフローチャートである図9および図10を用いて説明する。なお、以下の処理において各動作、演算、記憶等の主体が第1処理例と同様の場合はその記載を省略する。

【0076】まず、基板Wを基板保持回転部40に保持し、熱処理を開始する(ステップS21)。なお、その際、制御部60の制御により、基板保持回転部40および回転セクタ53を回転させる。

【0077】つぎに、放射強度 I_{11} , I_{21} を計測する(ステップS22)。なお、以下、計測される放射強度 I_{11} , I_{21} を基に第1処理例と同様にして常時、基板温度 T が計測され、基板Wの温度管理に用いられる。

【0078】つぎに、得られた放射強度 I_{11} , I_{21} を数4および数5の式に用いて基板Wの放射率 ϵ_W を算出して基準放射率 ϵ_{ref} として記憶する(ステップS23)。それとともに、数9の式に得られた放射強度 I_{11} , I_{21} を用いてモニタ実効反射率 R_{m1} を算出し、それを基準実効反射率 R_{mr} として記憶する(ステップS24)。なお、ステップS24がこの発明の「第1の時期」に相当する。

【0079】つぎに、制御部60は前述の累積回転数を表すパラメータ i に初期値として「2」を設定する(ステップS25)。

【0080】つぎに、回転セクタ53の回転に伴い、導光ロッド56上方に回転セクタ53の切り欠き部NPが差しかけると放射強度 I_{1i} を計測する(ステップS26)。

【0081】つぎに、得られた放射強度 I_{1i} , I_{2i-1} (このステップを最初に実行する際には I_{2i-1} は I_{21})を数9の式に用いてモニタ実効反射率 R_{mi} を算出し演算

部58内のメモリ58bに記憶する(ステップS27)。なお、ステップS27がこの発明の「第2の時期」に相当する。

【0082】つぎに、モニタ実効反射率 R_{mi} の基準実効反射率 R_{mr} からの変化量が変化量閾値 R_{th} より大きい($|R_{mr} - R_{mi}| > R_{th}$) かどうかを判断し(ステップS28)、大きくなければステップS21に進み、逆に、大きくれば再校正が必要である旨を表示入力部70に表示させる(ステップS29)。すると、それを確認した作業者は基板熱処理装置1を再校正後、基板Wを交換する(ステップS30)。そして、ステップS21~S28の処理が繰り返される。

【0083】モニタ実効反射率 R_{mi} の変化量が変化量閾値 R_{th} 以下の場合、回転セクタ53の回転に伴い、導光ロッド56上方に回転セクタ53の反射部RPが差しかけると放射強度 I_{2i} を計測する(ステップS31)。

【0084】つぎに、計測された放射強度 I_{1i} , I_{2i} を数4および数5の式に用いて基板Wの放射率 ϵ_W および基板温度 T を算出する(ステップS32)。

【0085】つぎに、算出された基板温度 T を基にランプ21への供給電力をフィードバック制御する(ステップS33)。

【0086】そして、制御部60が熱処理時間が終了したかどうかを判断し(ステップS34)、終了していなければ、パラメータ i をインクリメント(「1」を加算)し(ステップS35)、ステップS26に戻り、ステップS26~S34の処理を繰り返す。逆に、終了していればステップS36に進む。

【0087】つぎに、全基板Wについて熱処理が終了したかどうかを判断し、(ステップS36)終了していなければ基板Wを交換し(ステップS37)、ステップS21に戻り、ステップS21~S37の処理を繰り返す。そして、順次基板Wを交換しつつ熱処理を行っていき、全基板Wについて熱処理が終了したと判断された場合には全処理が終了する。

【0088】以上、説明したように、この実施の形態によれば、検出された放射強度 I_1 , I_2 に基づいて実効反射率 R_1 , R_2 の変化を反映した量であるモニタ実効反射率 R_m (または R_{mi})を算出し、最初の基板Wまたは最初に放射強度 I_1 , I_2 を計測した際におけるモニタ実効反射率 R_m (または R_{mi})を基準実効反射率 R_{mr} とし、それらの時期以後の各基板Wや各放射強度の計測の際に再び得られたモニタ実効反射率 R_m (または R_{mi})と基準実効反射率 R_{mr} との差が所定の変化量閾値 R_{th} より大きい場合に校正が必要である旨を報知するため、基板熱処理装置1の校正時期を検知することができ、温度計測の誤差を抑えて高品質の熱処理が行える。

【0089】また、この実施の形態の基板熱処理装置1によれば上記の校正時期を自動的に知ることができるので効率的で、作業負担を軽減することができる。

【0090】また、最初の基板Wまたは最初に放射強度I1、I2を計測した際における基板Wの放射率 ϵ_w を算出し、それを基準放射率 ϵ_{ref} とするため、基準放射率 ϵ_{ref} を1度だけ求めればよいので、複数の基板W毎や放射強度I1、I2の計測毎に求める場合に比べて処理が迅速に行える。

【0091】また、実効反射率R1が「0」とであると仮定した場合の実効反射率R2をモニタ実効反射率Rm（またはRmi）とするため、実効反射率R1、R2を監視するためにモニタ実効反射率Rm（またはRmi）だけを求めればよく、実効反射率R1、R2を監視に使用する場合に比べて未知数を1つ減らすことができるので演算が容易かつ迅速になる。

【0092】また、第1処理例によれば複数の基板Wについて処理を行う場合の最初の基板Wについて求めたモニタ実効反射率Rmを基準実効反射率Rmrとするため、1枚前の基板Wのモニタ実効反射率Rmを基準実効反射率Rとしてそれと比較する場合に比べて、モニタ実効反射率Rmの基準実効反射率Rmrとの差が大きくなるので正確に校正時期の判断を行うことができる。

【0093】<4. 変形例>上記実施の形態において基板熱処理装置およびそれによる実効反射率の監視を伴う基板熱処理の例を示したが、この発明はこれに限られるものではない。

【0094】たとえば、上記実施の形態の第1処理例では、複数枚の基板Wのうち、最初の基板Wについての放射率 ϵ_w とモニタ実効反射率Rmをそれぞれ基準放射率 ϵ_{ref} および基準実効反射率Rmrとして、実効反射率の監視に用いるものとしたが、複数の基板Wのうち常に1つ前に処理した基板の放射率 ϵ_w やモニタ実効反射率Rmを基準放射率 ϵ_{ref} や基準実効反射率Rmrとしてもよい。そのうち、基準実効反射率Rmrを上記のようなものにするということは、連続する基板Wのモニタ実効反射率Rmの差を用いて再校正の必要性を判断することになるので、その際には変化量閾値Rthを1枚の基板処理ごとの実効反射率の変化量についての閾値とする必要がある。例えば図6のコンピュータ・シミュレーションにおいて仮定した1枚の基板Wの熱処理ごとの実効反射率の低下量0.001より若干大きい数値を用いる等である。

【0095】また、上記実施の形態における第1処理例では基準放射率 ϵ_{ref} を複数の処理基板のうちの最初のものに対する値を用いるものとしたが、1枚目から所定枚数（例えば10枚目）までの基板Wの放射率 ϵ_w の平均値を基準放射率 ϵ_{ref} として用いてもよい。

【0096】また、上記実施の形態ではRmとRmrとの差が変化量閾値Rthより大きい場合に、再校正が必要である旨の表示を行うこととしたが、モニタ実効反射率Rm、Rmiを算出する度に表示し、それと所定の基準実効反射率Rmrとの差が変化量閾値Rthより大きいかなにかで再校正の必要性を作業者が判断する装置としてもよい。

【0097】さらに、上記実施の形態では1組の導光ロッド56および検出器57に対して回転セクタ53を回転させることによって実効反射率の互いに異なる状態

（実効反射率R1およびR2の状態）を実現するものとしたが、導光ロッドおよび検出器の組を2組備え、それらを反射板に設けた形状や内面の反射率が異なる穴内または下方に設けて実効反射率の互いに異なる状態を実現してもよい。

【0098】

10 【発明の効果】以上説明したように、請求項1ないし請求項8の発明によれば、検出された放射強度に基づいて実効反射率の変化を反映した量であるモニタ実効反射率を算出し、第1の時期における第1モニタ実効反射率を基準実効反射率とし、第1の時期以後の第2の時期において再び得られた第2モニタ実効反射率と基準実効反射率との差が所定の閾値より大きい場合に校正が必要である旨を報知するため、基板熱処理装置の校正時期を検知することができ、温度計測の誤差を抑えて高品質の熱処理が行える。

20 【0099】また、請求項1の発明によれば、上記処理を実現する実効反射率算出手段と、記憶手段と、比較手段と、報知手段と、校正時期とを自動的に知ることができるので効率的で、作業負担を軽減することができる。

【0100】また、請求項2ないし請求項4および請求項6ないし請求項8の発明によれば、基板の放射率を算出し、それを基準放射率として記憶するため、基準放射率を1度だけ求めればよいので、複数の基板毎に基準放射率を求めたり、放射強度の計測毎に求める場合に比べて処理が迅速に行える。

30 【0101】また、請求項3、請求項4および請求項7、請求項8の発明によれば、第1実効反射率が0であると仮定した場合の第2の実効反射率を第1モニタ実効反射率とするため、実効反射率を監視するためにモニタ実効反射率だけを求めればよく、第1および第2実効反射率を監視に使用する場合に比べて未知数を1つ減らすことができるので演算が容易かつ迅速になる。

【0102】さらに、請求項4および請求項8の発明によれば、第1および第2所定期間が複数の基板について処理を行う場合の最初の基板を処理する時であるため、1枚前の基板に対するモニタ実効反射率と比較する場合に比べてモニタ実効反射率の基準実効反射率との差が大きくなるので正確に校正時期の判定を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施の形態である基板熱処理装置の縦断面図である。

【図2】第1の実施の形態における温度・反射率計測部の構成を示す図である。

50 【図3】図2のA-A断面から下方を見た状態を示した図である。

【図4】図2のB-B断面から下方を見た状態を示した図である。

【図5】基板と基板熱処理装置の反射板との間の放射光の多重反射を説明するための図である。

【図6】実効反射率の低下に伴う基板の温度誤差のコンピュータ・シミュレーション結果を示す図である。

【図7】第1処理例における実効反射率の監視を伴う基板の熱処理手順を示すフローチャートである。

【図8】回転セクタを回転させた状態で検出器により得られる出力信号の模式図である。

【図9】第2処理例における実効反射率の監視を伴う基板の熱処理手順を示すフローチャートである。

【図10】第2処理例における実効反射率の監視を伴う基板の熱処理手順を示すフローチャートである。

【符号の説明】

1 基板熱処理装置

21 ランプ

47 反射板

53 回転セクタ

57 検出器

58 演算部

58a CPU

58b メモリ

60 制御部

70 表示入力部

11, 12, 11i, 12i 放射強度

10 R1, R2 実効反射率

Rm, Rmi モニタ実効反射率

Rmr 基準実効反射率

Rth 変化量閾値

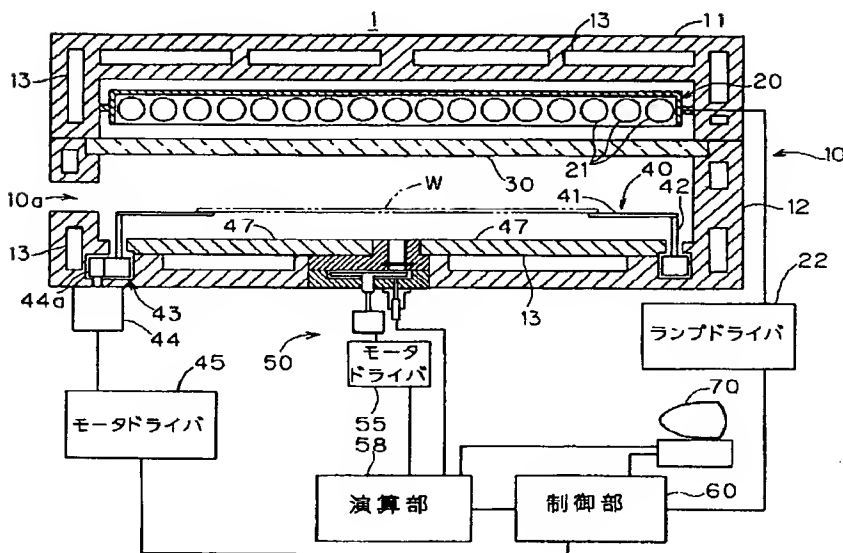
T 基板温度

W 基板

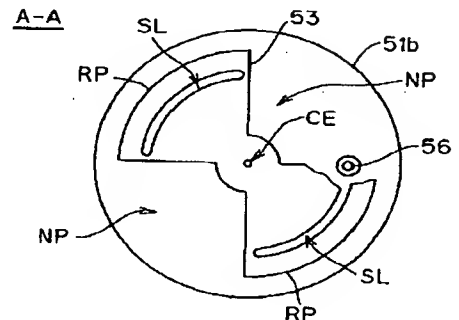
$\epsilon_w, \epsilon_{wi}$ 基板の放射率

ϵ_{ref} 基準放射率

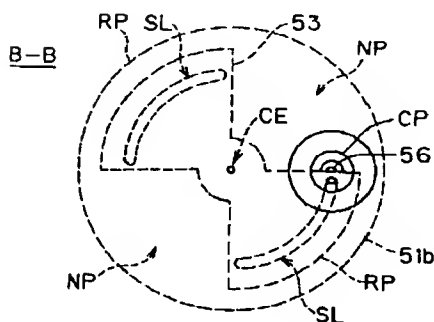
【図1】



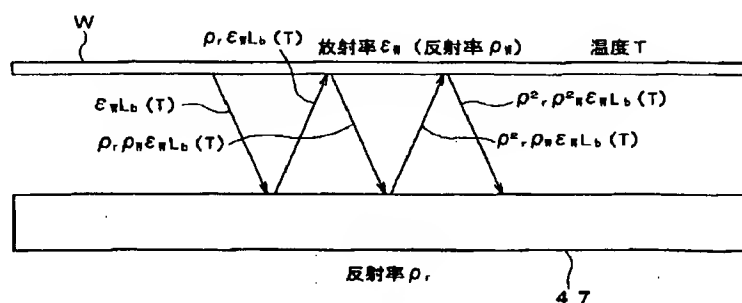
【図3】



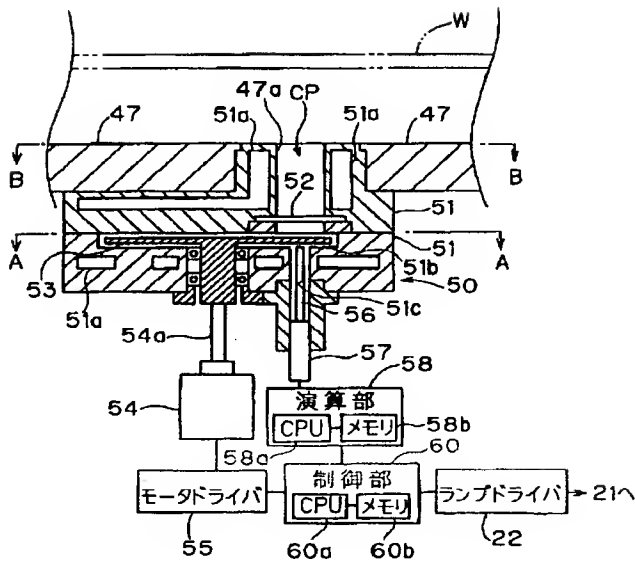
【図4】



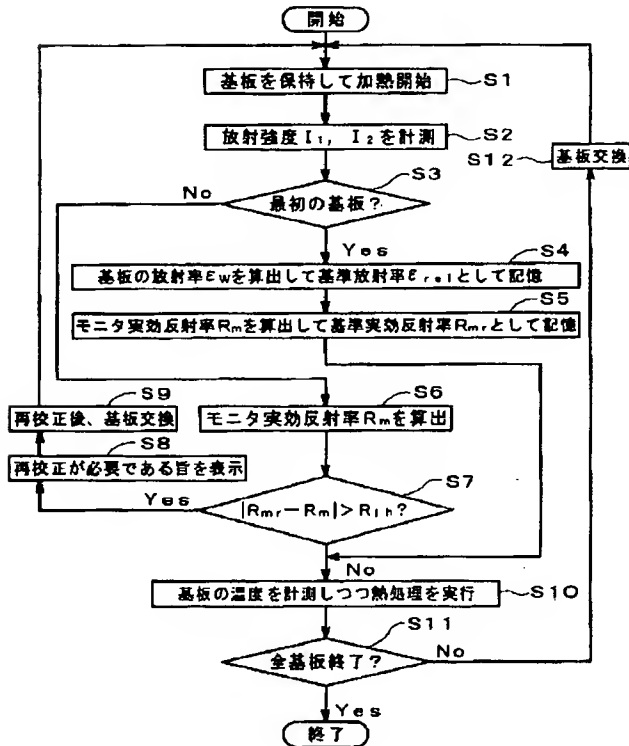
【図5】



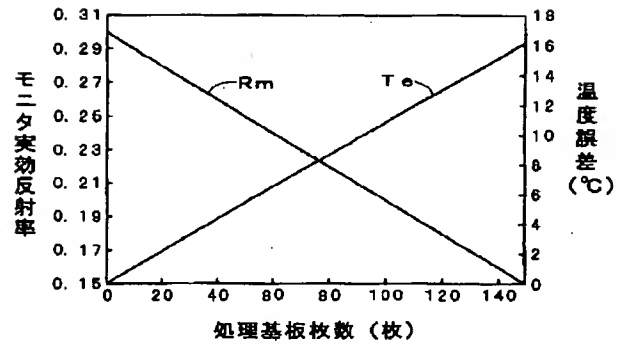
【図2】



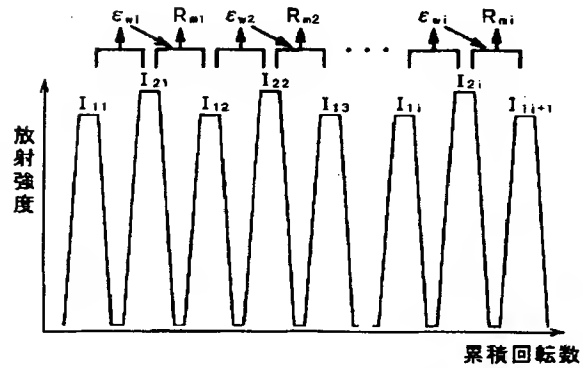
【図7】



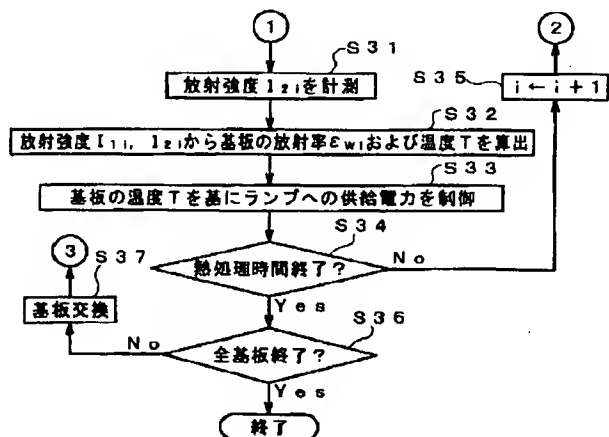
【図6】



【図8】



【図10】



【図9】

